

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-035570

(43)Date of publication of application : 02.02.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335

(21)Application number : 10-201392

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 16.07.1998

(72)Inventor : KUBO MASUMI

NARUTAKI YOZO

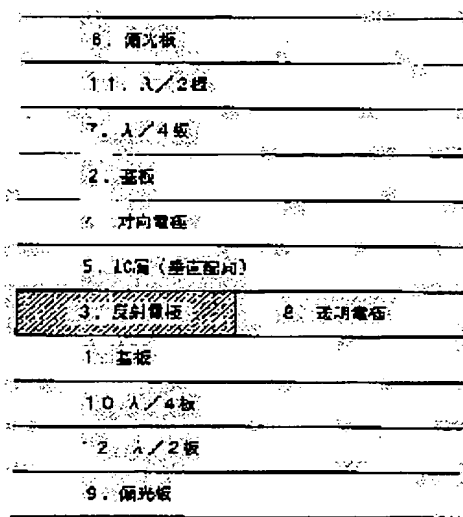
FUJIOKA SHIYOUGO

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve coloring in a reflection mode of dark display by eliminating the variation of polarization in the light wavelength band, and approximately circular-polarizing the light in the reflection mode.

SOLUTION: A $\lambda/4$ -wave plate 7 is arranged on the opposite plane of the side where a counter electrode 4 of a substrate 2 is formed, and further, a $\lambda/4$ -wave plate 10 is arranged on the opposite plane of the side where a reflecting electrode 3 and a transparent electrode 8 of a substrate 1 are formed, and the lagging axis, of the $\lambda/4$ -wave plate 10 is set so as to be perpendicular to that of the $\lambda/4$ -wave plate 7. A $\lambda/2$ -wave plate 11 is arranged on the other side of the substrate 2 of the $\lambda/4$ board 7 and a $\lambda/2$ -wave plate 12 is arranged on the other side of the substrate 1 of the $\lambda/4$ -wave plate 10, respectively, and the lagging axis of the $\lambda/2$ -wave plate 11 is set to be 60 degrees tilted against that of $\lambda/4$ -wave plate 7; the lagging axis of the $\lambda/2$ -wave plate 12 is set to be 60 degrees tilted against that of $\lambda/4$ -wave plate 10; and the lagging axis of the $\lambda/2$ -wave plate 12 is set to be perpendicular to that of the $\lambda/2$ -wave plate 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3410666

[Date of registration]

20.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] On the other hand, have the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed with which the field which has a reflex function, and the field which has a transparency function were formed, and it sets to said liquid crystal display with which the liquid crystal layer was pinched between the substrate and said another side substrate on the other hand. The 1st polarization means formed in the field opposite to said liquid crystal layer of said another side substrate, The 2nd polarization means formed in said field opposite to said liquid crystal layer of a substrate on the other hand, The 1st phase contrast plate which is prepared between said 1st polarization means and said liquid crystal layers, and makes the linearly polarized light from said 1st polarization means the circular polarization of light, The 2nd phase contrast plate which is prepared between said 2nd polarization means and said liquid crystal layers, and makes the linearly polarized light from said 2nd polarization means the circular polarization of light, The liquid crystal display characterized by having the 3rd phase contrast plate which is prepared between said 1st polarization means and said liquid crystal layers, and compensates the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of said 1st phase contrast plate.

[Claim 2] When said 3rd phase contrast plate arranged between said 1st polarization means and the 1st phase contrast plate is $\lambda/2$ plate and the include angle of the transparency shaft of said 1st polarization means and the lagging axis of said 3rd phase contrast plate to make is α , The liquid crystal display according to claim 1 characterized by the include angle of the transparency shaft of said 1st polarization means and the lagging axis of the 1st phase contrast plate to make being $2\alpha+45$ degree.

[Claim 3] The liquid crystal display according to claim 1 or 2 characterized by having the 4th phase contrast plate which is prepared between said 2nd polarization means and said liquid crystal layers, and compensates the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of said 2nd phase contrast plate.

[Claim 4] When a phase contrast plate is $\lambda/2$ plate said 4th [the] arranged between said 2nd polarizing plate and the 2nd phase contrast plate and the include angle of the transparency shaft of said 2nd polarization means and the lagging axis of said 4th phase contrast plate to make is α , The liquid crystal display according to claim 1 to 3 characterized by the include angle of the transparency shaft of said 2nd polarization means and the lagging axis of the 2nd phase contrast plate to make being $2\alpha+45$ degree.

[Claim 5] The liquid crystal display according to claim 3 or 4 characterized by for the transparency shaft of said 1st polarization means and the transparency shaft of said 2nd polarization means intersecting perpendicularly, for the lagging axis of said 1st phase contrast plate and said 2nd phase contrast plate intersecting perpendicularly, and the lagging axis of said 3rd phase contrast plate and said 4th phase contrast plate lying at right angles.

[Claim 6] The liquid crystal display according to claim 1 to 5 characterized by said liquid crystal layer being the perpendicular orientation liquid crystal ingredient which has a negative dielectric constant anisotropy.

[Claim 7] The liquid crystal display according to claim 1 to 6 characterized by making said liquid crystal display into the display mode of a normally black.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the liquid crystal display which combines the reflective mold used for OA equipment, such as a word processor and a personal computer, portable information devices, such as an electronic notebook, or the camcorder/movie equipped with the liquid crystal display monitor, and a transparency mold.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since a liquid crystal display does not emit light itself unlike CRT (Braun tube) or EL (electroluminescence), the transparency mold liquid crystal display which installs a back light in the tooth back of a liquid crystal display component, and illuminates it is used. However, in the portable information device with many opportunities to use outdoors and always carrying, in order that a back light may usually consume 50% or more of the total power consumption of a liquid crystal display, the reflective mold liquid crystal display which installs a reflecting plate instead of a back light, and displays only by the ambient light is also realized.

[0003] In order not to use a polarizing plate besides using a polarizing plate called TN (Twisted Nematic) mode and STN (super twisted nematic) mode which are widely used for the display mode used with a reflective mold liquid crystal display with the current transparency mold a type, development is performed briskly in recent years, for example, the phase transition mold guest host mode in which a bright display is realizable is also indicated by JP,4-75022,A.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since phase transition mold guest host mode displays using the light absorption of coloring matter in the liquid crystal layer which distributed a liquid crystal molecule and coloring matter, contrast cannot be taken enough, but compared with the liquid crystal display of the type using polarizing plates, such as TN (Twisted Nematic) mode and STN (super twisted nematic) mode, display grace gets remarkably bad.

[0005] Moreover, in the case of the liquid crystal display of parallel orientation or twist orientation, the liquid crystal molecule near the core of a liquid crystal layer inclines perpendicularly to a substrate side at the time of electrical-potential-difference impression, but Since the liquid crystal molecule near an orientation film front face does not become perpendicular to a substrate even if it impresses an electrical potential difference, the rate of a birefringence of a liquid crystal layer is far from 0, in the case of the display mode which performs a black display at the time of electrical-potential-difference impression, cannot display sufficient black because of the birefringence of a liquid crystal layer, and

cannot acquire sufficient contrast.

[0006] The liquid crystal display in TN mode and STN mode is also hard to be referred to as having display grace sufficient in respect of brightness or contrast by current, and improvement in display grace, such as the further raise in brightness and improvement in contrast, is called for. Moreover, when a surrounding light of a reflective mold liquid crystal display is dark, it has the fault that the reflected light used for a display falls and visibility falls extremely, and on the other hand, the transparency mold liquid crystal display had with this the problem to which the visibility under fine weather with a conversely very bright ambient light etc. falls.

[0007] Therefore, although the indicating equipment which combined the transparency display and the reflective display is developed, there is a trouble that optical leakage occurs in a black display and sufficient black level is not obtained.

[0008]

[Means for Solving the Problem] On the other hand, invention according to claim 1 has the substrate and the another side substrate with which the counterelectrode was formed with which the field which has a reflex function, and the field which has a transparency function were formed, and sets them to said liquid crystal display with which the liquid crystal layer was pinched between the substrate and said another side substrate on the other hand. The 1st polarization means formed in the field opposite to said liquid crystal layer of said another side substrate, The 2nd polarization means formed in said field opposite to said liquid crystal layer of a substrate on the other hand, The 1st phase contrast plate which is prepared between said 1st polarization means and said liquid crystal layers, and makes the linearly polarized light from said 1st polarization means the circular polarization of light, The 2nd phase contrast plate which is prepared between said 2nd polarization means and said liquid crystal layers, and makes the linearly polarized light from said 2nd polarization means the circular polarization of light, It is prepared between said 1st polarization means and said liquid crystal layers, and is characterized by having the 3rd phase contrast plate which compensates the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of said 1st phase contrast plate.

[0009] When said 3rd phase contrast plate with which invention according to claim 2 has been arranged between said 1st polarization means and the 1st phase contrast plate is $\lambda/2$ plate and the include angle of the transparency shaft of said 1st polarization means and the lagging axis of said 3rd phase contrast plate to make is α , It is characterized by the include angle of the transparency shaft of said 1st polarization means and the lagging axis of the 1st phase contrast plate to make being $2\alpha+45$ degree.

[0010] Invention according to claim 3 is prepared between said 2nd polarization means and said liquid crystal layers, and is characterized by having the 4th phase contrast plate which compensates the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of said 2nd phase contrast plate.

[0011] When a phase contrast plate is $\lambda/2$ plate said 4th [the] by which invention according to claim 4 has been arranged between said 2nd polarizing plate and the 2nd phase contrast plate and the include angle of the transparency shaft of said 2nd polarization means and the lagging axis of said 4th phase contrast plate to make is α , It is characterized by the include angle of the transparency shaft of said 2nd polarization means and the lagging axis of the 2nd phase contrast plate to make being $2\alpha+45$ degree.

[0012] Invention according to claim 5 is characterized by for the transparency shaft of said 1st polarization means and the transparency shaft of said 2nd polarization means intersecting perpendicularly, for the lagging axis of said 1st phase contrast plate and said 2nd phase contrast plate intersecting perpendicularly, and the lagging axis of said 3rd phase contrast plate and said 4th phase contrast plate lying at right angles.

[0013] Invention according to claim 6 is characterized by said liquid crystal layer being the perpendicular orientation liquid crystal ingredient which has a negative dielectric constant anisotropy. Invention according to claim 7 is characterized by making said liquid crystal display into the display mode of a

normally black.

[0014] The operation by this invention is explained below. According to the liquid crystal display of this invention according to claim 1, the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy produced with the 1st phase contrast plate in case the linearly polarized light is changed into the circular polarization of light can be offset to some extent. After dispersion in a polarization condition has become small by the extensive wavelength range in reflective mode by this, it can be made the circular polarization of light. For this reason, coloring in the reflective mode of a dark display is improvable.

[0015] Since according to the liquid crystal display of this invention according to claim 2 the bearing is rotated with the 3rd phase contrast plate and the linearly polarized light which passed the polarizing plate can be made into the circular polarization of light with the 1st phase contrast plate, the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of the 1st phase contrast plate can be compensated the optimal. By this, in reflective mode, dispersion in a polarization condition becomes still smaller by the extensive wavelength range, and it can be made the circular polarization of light. For this reason, coloring in the reflective mode of a dark display is improvable.

[0016] The time of a liquid crystal layer being in perpendicular orientation mode, when the retardation which remains in a liquid crystal layer in a dark condition can be disregarded, and especially when, the 1st phase contrast plate can be used as $\lambda/4$ plate.

[0017] When the retardation of γ remains in the liquid crystal layer, retardation of the 1st phase contrast plate is set to $(\lambda / 4 - \gamma)$, it can shift in it from the circular polarization of light, and a liquid crystal layer is made to carry out incidence to it in reflective mode in a dark condition. Since dispersion in a polarization condition is lost by the extensive wavelength range and it has become the circular polarization of light when a liquid crystal layer is passed and a reflecting plate is reached, a good black display is realized in reflective mode.

[0018] According to the liquid crystal display of this invention according to claim 3, the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy produced with the 4th phase contrast plate in case the linearly polarized light is changed into the circular polarization of light can be offset to some extent. By this, it can be made the circular polarization of light whose dispersion in a polarization condition was lost by the extensive wavelength range in the transparent mode by this. For this reason, even when in addition to claim 1 coloring in the transparent mode of a dark display can be improved and the two ways of reflective mode and the transparent mode are carried out, a good black display is realized.

[0019] Since according to the liquid crystal display of this invention according to claim 4 the bearing is rotated with the 4th phase contrast plate and the linearly polarized light which passed the polarizing plate can be made into the circular polarization of light with the 2nd phase contrast plate, the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of the 1st phase contrast plate can be compensated the optimal. By this, in the transparent mode, dispersion in a polarization condition becomes still smaller by the extensive wavelength range, and it can be made the circular polarization of light.

[0020] The time of a liquid crystal layer being in perpendicular orientation mode, when the retardation which remains in a liquid crystal layer in the state of dark can be disregarded, and especially when, the 2nd phase contrast plate can be used as $\lambda/4$ plate.

[0021] In a dark condition, when the retardation of δ remains in γ in reflective mode and remains in the transparent mode in the liquid crystal layer, retardation of the layer after it is made into $\{\lambda / 4 - (\delta - \gamma)\}$, it can shift from the circular polarization of light, and incidence is carried out to a liquid crystal layer. When the 3rd phase contrast plate is passed, it becomes the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of the 1st polarization means, and coloring in the transparent mode can be improved, and since it is in the same polarization condition by the outgoing radiation light and the extensive wavelength range in reflective mode when a liquid crystal layer is passed, even when the transparent mode and reflective mode carry out two ways, a good black display is realized.

[0022] According to the liquid crystal display of this invention according to claim 5, by making the lagging axis of a phase contrast plate intersect perpendicularly, the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of a phase contrast plate can be offset with the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of the phase contrast plate of another side, and coloring of a dark display can be improved.

[0023] Since the condition that the retardation of a liquid crystal layer is about 0 is realized by using for a liquid crystal layer the perpendicular orientation liquid crystal ingredient which has a negative dielectric constant anisotropy according to the liquid crystal display of this invention according to claim 6 and a dark condition becomes darker, contrast becomes high.

[0024] For example, if parallel orientation liquid crystal is used for a liquid crystal layer, even if it is going to set the retardation of a liquid crystal layer to 0 by impressing an electrical potential difference and turning the major axis of a liquid crystal molecule to an electrode and a perpendicular direction, since a residual retardation occurs, the retardation of a liquid crystal layer will not be set to 0. According to the liquid crystal display of this invention according to claim 7, according to a normally black (it is called Following NB), it hardly generates but change of the contrast ratio by cel gap change can take a certain amount of allowances over cel gap control at the point of productivity.

[0025] The applied voltage to the liquid-crystal layer which turns into a liquid-crystal layer in white to cel gap change by NB which performs a black display at the time of no electrical-potential-difference impressing, and performs a white display in a liquid-crystal layer at the time of electrical-potential-difference impression to the applied voltage to the liquid-crystal layer which becomes black to cel gap change in the normally white (it is called Following NW) which performs a white display at the time of no electrical-potential-difference impressing, and performs a black display at the time of electrical-potential-difference impression changing changes. Therefore, in NW, since a twist KONRASUTO ratio changes to cel gap change remarkably, highly precise cel gap control is needed for it. Moreover, in NW, since the point defect used as the luminescent spot serves as a sunspot in NB, the improvement in the rate of an excellent article on manufacture is expected, and a luminescent-spot free-lancer's high definition display panel can be realized. Also from these things, the direction of NB is excellent in the bottom of all environments as a display mode of an usable liquid crystal display compared with NW.

[0026]

[Embodiment of the Invention] (Operation gestalt 1) The liquid crystal display of the operation gestalt 1 is explained using drawing 1. The reflector 3 formed in the substrate 1 with the ingredient with high reflection factors, such as aluminum and Ta, and the transparent electrode 8 formed with the ingredient with high permeability, such as ITO, are formed, a counterelectrode 4 is formed in a substrate 2, and the liquid crystal layer 5 which consists of a liquid crystal ingredient which shows a negative dielectric anisotropy between a reflector 3 and a transparent electrode 8, and a counterelectrode 4 is pinched.

[0027] The orientation film (not shown) of a perpendicular stacking tendency is formed in the field which touches the liquid crystal layer 5 of a reflector 3, a transparent electrode 8, and a counterelectrode 4, respectively, and orientation processing of rubbing etc. is performed on one [at least] orientation film after spreading of the orientation film. This may regulate orientation in optical orientation, an electrode configuration, etc., not using rubbing. The liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 5 has the tilt angle of 0 times or 0.1 degrees to about 5 times in general to the perpendicular direction of a substrate side by orientation processing of rubbing to the orientation film of a perpendicular stacking tendency etc.

[0028] Although a reflector 3 is used here as an electrode which impresses an electrical potential difference to a liquid crystal layer, it is good also as an electrode which uses a reflector as a reflecting plate, without using as an electrode, extends a transparent electrode 8 on a reflecting plate, and impresses an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5 in a reflective field. The liquid crystal ingredient which has the $N_e=1.5546$ [same] as the operation gestalt 1 and the refractive-index anisotropy of $N_o=1.4773$ as a liquid crystal ingredient of the liquid crystal layer 5 was used.

[0029] $\lambda/4$ plate 7 is arranged in the near opposite side in which the counterelectrode 4 of a

substrate 2 was formed, $\lambda/4$ plate 10 is arranged in the near opposite side in which the reflector 3 and transparent electrode 8 of a substrate 1 were formed further, and the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 is set up so that it may intersect perpendicularly with the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7.

[0030] $\lambda/2$ plate 11 is formed in the field of the opposite side, and $\lambda/2$ plate 12 is formed [substrate / 2 / of $\lambda/4$ plate 7] in the field of the opposite side in the substrate 1 of $\lambda/4$ plate 10, respectively. the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 -- the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 -- receiving -- the lagging axis of 60 degrees and $\lambda/2$ plate 12 -- the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 -- receiving -- 60-degree ** -- pure -- like, the lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 is set up so that it may intersect perpendicularly with the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11.

[0031] A polarizing plate 6 is formed in the field of the opposite side, and the polarizing plate 9 is formed [substrate / 2 / of $\lambda/2$ plate 11] in the field of the opposite side in the substrate 1 of $\lambda/2$ plate 12, respectively. The transparency shaft of a polarizing plate 6 in the direction which sandwiches the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 to the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 75 degrees, the direction in which the transparency shaft of a polarizing plate 9 sandwiches the lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 to the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 15 degrees to the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 -- the lagging axis of 75 degrees and $\lambda/2$ plate 12 -- receiving -- 15-degree ** -- innocently like Moreover, the transparency shaft of a polarizing plate 6 is set up so that it may intersect perpendicularly to the transparency shaft of a polarizing plate 9.

[0032] Drawing 2 (a) shows the flat-surface schematic diagram of the active-matrix substrate of the operation gestalt 1 of this invention, and drawing 2 (b) shows the A-A sectional view of drawing 2 (a). A active-matrix substrate is the gate wiring 21, the data wiring 22, a driver element 23, the drain electrode 24, the auxiliary capacity electrode 25, gate dielectric film 26, the insulating substrate 27, a contact hole 28, and an interlayer insulation film 29. It has the picture element electrode 30 for reflection, and the picture element electrode 31 for transparency.

[0033] It connects as electrically as the drain electrode 24, and the auxiliary capacity electrode 25 is superimposed on the gate wiring 21 through gate dielectric film 26, and forms auxiliary capacity. The contact hole 28 is established in the interlayer insulation film 29, in order to connect the picture element electrode 31 for transparency, and the auxiliary capacity electrode 25.

[0034] This active-matrix substrate is equipped with the picture element electrode 30 for reflection, and the picture element electrode 31 for transparency into one picture element, and forms picture element electrode 30 part for reflection which reflects the light from the outside into one picture element, and picture element electrode 31 part for transparency which penetrates the light of a back light. Here, although the shape of surface type of the picture element electrode 30 for reflection is illustrated as a flat surface in drawing 2 (b), in order to improve a reflection property, the shape of surface type may be made into irregularity. Moreover, although the picture element electrode is divided into the picture element electrode 30 for reflection, and the picture element electrode 31 for transparency, a transfective electrode may be used, without dividing.

[0035] The transparency condition of the light of the reflective mode in the liquid crystal display of the operation gestalt 1 and the transparent mode is explained using drawing 3 and drawing 4 . Drawing 3 (a) shows the case where it is the dark display to which the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer in reflective mode, and drawing 3 (b) shows the case where it is the white display by which the electrical potential difference was impressed to the liquid crystal layer in reflective mode. Moreover, drawing 4 (a) shows the case where it is the dark display to which the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer of the transparent mode, and drawing 4 (b) shows the case where it is the white display by which the electrical potential difference was impressed to the liquid crystal layer of the transparent mode.

[0036] Drawing 3 (a) explains the dark display in reflective mode. The incident light which entered from polarizing plate 6 front face from the drawing 3 (a) bottom turns into the linearly polarized light whose polarization shaft corresponded with the transparency shaft of a polarizing plate, after passing along a

polarizing plate 6, and incidence is carried out to $\lambda/2$ plate 11. $\lambda/2$ plate 11 is arranged so that the transparency shaft orientations of a polarizing plate 6 and the direction of a lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 may become 15 degrees, the light which passed $\lambda/2$ plate 11 turns into the linearly polarized light of the polarization direction of 30 degrees across the direction of a lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 to the transparency shaft orientations of a polarizing plate 6, and incidence is carried out to $\lambda/4$ plate 7.

[0037] $\lambda/4$ plate 7 is arranged so that the direction of a lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 may become 75 degrees across the direction of a lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 to the transparency shaft orientations of a polarizing plate 6. That is, to the polarization direction of the linearly polarized light which passed $\lambda/2$ plate 11, the direction of a lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 is arranged so that it may become 45 degrees, and the light which passed $\lambda/4$ plate 7 turns into the circular polarization of light.

[0038] When electric field are not being impressed to the liquid crystal layer 5, the liquid crystal layers 5 using the liquid crystal ingredient in which a negative dielectric anisotropy is shown of the refractive-index anisotropy of the liquid crystal layer 5 to the light in which the liquid crystal molecule is carrying out orientation almost perpendicularly from the substrate side and which carries out incidence are very few, and the phase contrast produced when light penetrates the liquid crystal layer 5 is about 0. Therefore, the beam of light of the circular polarization of light which passed $\lambda/4$ plate 7 penetrates the liquid crystal layer 5, without hardly breaking down the circular polarization of light, and is reflected with the reflector 3 on one substrate 1.

[0039] The reflected beam of light serves as the circular polarization of light which the hand of cut reversed, and serves as the linearly polarized light which passes $\lambda/4$ plate 7 and intersects perpendicularly with the time of $\lambda/4$ plate 7 incidence, and incidence is carried out to $\lambda/2$ plate 11. The linearly polarized light which passed $\lambda/2$ plate 11 is the linearly polarized light of the direction which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, is absorbed with a polarizing plate 6 and penetrated. Thus, it becomes a dark display when not impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5.

[0040] Next, drawing 3 (b) explains the white display in reflective mode. Drawing 3 (b) is the case where an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, is the same as that of drawing 3 (a), and omits explanation until it passes $\lambda/4$ plate 7.

[0041] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, the circular polarization of light from $\lambda/4$ plate 7 which the liquid crystal molecule which was carrying out orientation perpendicularly from the substrate side inclined to the substrate side and the horizontal direction a little, and carried out incidence to the liquid crystal layer 5 It becomes elliptically polarized light by the birefringence of a liquid crystal molecule, after being reflected with a reflector 3, it is further influenced of the birefringence of a liquid crystal molecule in the liquid crystal layer 5, after passing $\lambda/4$ plate 7 and $\lambda/2$ plate 11, it does not become the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, but a polarizing plate 6 is passed a little. In this way, by adjusting the electrical potential difference impressed to a liquid crystal layer, after reflecting, the quantity of light which can penetrate a polarizing plate 6 can be adjusted, and a gradation display is attained.

[0042] Moreover, if the orientation condition of a liquid crystal molecule is changed so that an electrical potential difference may be impressed to the liquid crystal layer 5 from a reflector 3 and a counterelectrode 4 and the phase contrast of the liquid crystal layer 5 may become quarter-wave length conditions The circular polarization of light after passing $\lambda/4$ plate 7 turns into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6 when the liquid crystal layer 5 is passed and a reflector 3 is reached. After passing the liquid crystal layer 5 again and becoming the circular polarization of light, $\lambda/4$ plate 7 and $\lambda/2$ plate 11 are passed, and it becomes the linearly polarized light parallel to the transparency shaft of a polarizing plate 6, and

the reflected light which passes a polarizing plate 6 becomes max.

[0043] It is the linearly polarized light of the direction where the light reflected with the reflector 3 is illustrating on the retardation conditions of the liquid crystal layer 5 which penetrates a polarizing plate 6 most, and intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6 on a reflector 3 at drawing 3 (b).

[0044] Therefore, when the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 5, if most birefringences cannot be found in the liquid crystal layer 5, a dark display is obtained and an electrical potential difference is impressed by the liquid crystal layer 5, with the applied voltage, the permeability of light will change and a gradation display will be attained.

[0045] Drawing 4 (a) explains the dark display of the transparent mode. The light in which outgoing radiation was carried out by the light source (not shown) turns into the linearly polarized light which was in agreement with the transparency shaft of a polarizing plate 9 from the drawing 4 (a) bottom after polarizing plate 9 passage.

[0046] $\lambda/2$ plate 12 so that the transparency shaft orientations of a polarizing plate 9 and the direction of a lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 may become 15 degrees. Moreover, it is arranged so that it may intersect perpendicularly to the direction of a lagging axis of $\lambda/2$ plate 11, and the light which passed $\lambda/2$ plate 12 turns into the linearly polarized light of the polarization direction of 30 degrees across the direction of a lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 to the transparency shaft orientations of a polarizing plate 9, and incidence is carried out to $\lambda/4$ plate 10.

[0047] $\lambda/4$ plate 10 is arranged so that the direction of a lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 may become 75 degrees across the direction of a lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 to the transparency shaft orientations of a polarizing plate 9. That is, to the polarization direction of the linearly polarized light which passed $\lambda/2$ plate 12, the direction of a lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 is arranged so that it may become 45 degrees, and the light which passed $\lambda/4$ plate 10 turns into the circular polarization of light.

[0048] When electric field have not occurred in the liquid crystal layer 5, the liquid crystal layers 5 using the liquid crystal ingredient in which a negative dielectric anisotropy is shown of the refractive-index anisotropy of the liquid crystal layer 5 to the light in which the liquid crystal molecule is carrying out orientation almost perpendicularly from the substrate side and which carries out incidence are very few, and the phase contrast produced when light passes the liquid crystal layer 5 is about 0. Therefore, the circular polarization of light by which outgoing radiation is carried out from $\lambda/4$ plate 10 passes the liquid crystal layer 5, without breaking down the circular polarization of light, and it carries out incidence to $\lambda/4$ plate 7.

[0049] The direction of a lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 and the direction of a lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 lie at right angles, the circular polarization of light which carried out incidence to $\lambda/4$ plate 7 turns into the linearly polarized light of the direction which intersects perpendicularly with the transparency shaft orientations of a polarizing plate 9, and incidence is carried out to $\lambda/2$ plate 11. The linearly polarized light which passed $\lambda/2$ plate 11 is the linearly polarized light of the direction which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, is absorbed with a polarizing plate 6 and penetrated. Thus, it becomes a dark display when not impressing an electrical potential difference to the liquid crystal layer 5.

[0050] Next, drawing 4 (b) explains the clear display of the transparent mode. Drawing 4 (b) is the case where an electrical potential difference is impressed to a liquid crystal layer, is the same as that of drawing 4 (a), and omits explanation until light passes $\lambda/4$ plate 10.

[0051] If an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5, the liquid crystal molecule which was carrying out orientation perpendicularly from the substrate side inclines to a substrate side and a horizontal direction a little, and the circular polarization of light from $\lambda/4$ plate 10 which carried out incidence to the liquid crystal layer 5 turns into elliptically polarized light by the birefringence of a liquid crystal molecule, after it passes $\lambda/4$ plate 7 and $\lambda/2$ plate 11, it will

not turn into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, but will pass a polarizing plate 6 a little. In this way, by adjusting the electrical potential difference impressed to a liquid crystal layer, after reflecting, the quantity of light which can penetrate a polarizing plate 6 can be adjusted, and a gradation display is attained.

[0052] Moreover, an electrical potential difference is impressed to the liquid crystal layer 5 from a reflector 3 and a counterelectrode 4, and it becomes the linearly polarized light at the point of the one half of the cell thickness of the liquid crystal layer 5, and the circular polarization of light if the orientation condition of a liquid crystal molecule is changed so that the phase contrast of the liquid crystal layer 5 may become $1/2$ -wave conditions, after passing $\lambda/4$ plate 7 will turn into the circular polarization of light, if the remaining liquid crystal layers 5 are passed. The circular polarization of light by which outgoing radiation is carried out from the liquid crystal layer 5 will turn into the linearly polarized light parallel to the transparency shaft of a polarizing plate 6, if $\lambda/4$ plate 7 and $\lambda/2$ plate 11 are passed, and the reflected light which passes a polarizing plate 6 becomes max.

[0053] In drawing 4 (b), the light which passed the polarizing plate 9 is illustrating on the retardation conditions of the liquid crystal layer 5 which penetrates a polarizing plate 6 most. Therefore, when the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 5, if most birefringences cannot be found in the liquid crystal layer 5, a dark display is obtained and an electrical potential difference is impressed by the liquid crystal layer 5, with the applied voltage, the permeability of light will change and a gradation display will be attained.

[0054] The phase contrast of the liquid crystal layer 5 from which a reflection factor serves as max with the bright state in reflective mode is $\lambda/4$ here. From it being $\lambda/2$, the phase contrast of the liquid crystal layer 5 from which permeability serves as max with the bright state of the transparent mode. When the thickness of the liquid crystal layer of the field used as reflective mode and the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode is equal. Phase contrast of $\lambda/2$ for the phase contrast of the liquid crystal layer 5 of a field using the phase contrast of the liquid crystal layer 5 of a field used as reflective mode as $\lambda/4$ and the transparent mode cannot be fulfilled to coincidence.

[0055] That is, when performing a gradation display because the phase contrast of the liquid crystal layer 5 of a field used as reflective mode changes to $\lambda/4$ from 0, in order that the phase contrast of the liquid crystal layer 5 of a field used as the transparent mode may also change only from 0 to $\lambda/4$, the transparent mode cannot use light efficiently.

[0056] Therefore, reflective mode and the transparent mode can use light efficiently by changing the electrical potential difference impressed to the liquid crystal layer of the field which changes the thickness of the liquid crystal layer of the field used as reflective mode, and the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode, or is used as reflective mode, and the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode. If it is made into twice the thickness of the liquid crystal layer of a field using the thickness of the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode as reflective mode in case the thickness of the liquid crystal layer of the field used as reflective mode and the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode is changed here. Although the phase contrast of $\lambda/2$ for the phase contrast of the liquid crystal layer 5 of a field using the phase contrast of the liquid crystal layer 5 of a field used as reflective mode as $\lambda/4$ and the transparent mode can be fulfilled to coincidence. Even if it does not make it into twice the thickness of the liquid crystal layer of a field using the thickness of the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode as reflective mode. The use effectiveness of light improves by making it larger than the thickness of the liquid crystal layer of a field using the thickness of the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode as reflective mode in the range which does not exceed the twice of the thickness of the liquid crystal layer of a field using the thickness of the liquid crystal layer of a field used as the transparent mode as reflective mode.

[0057] Although the transparency shaft of a polarizing plate 6 is set up with the operation gestalt 1 so that it may intersect perpendicularly to the transparency shaft of a polarizing plate 9 so that the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 may cross at right angles and so

that the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 and the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 may cross at right angles. A dark display can be performed if the linearly polarized light which passed the polarizing plate 9 in the condition that there is no retardation in a liquid crystal layer, at the time of the transparent mode carries out incidence to the transparency shaft of a polarizing plate 6 by the linearly polarized light of a right angle at a polarizing plate 6.

[0058] That is, when the include angle of the transparency shaft of a polarizing plate 6 and the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 to make sets the include angle of the transparency shaft of a polarizing plate 6, and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 to make to α , To whenever, in general $(2\alpha+45)$ the include angle of the transparency shaft of a polarizing plate 9 and the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 to make. When the include angle of the transparency shaft of a polarizing plate 9 and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 to make is set to α , Are installed in general $(2\alpha+45)$ in whenever, and at the time of the transparent mode, if the linearly polarized light which passed the polarizing plate 9 in the condition that there is no retardation in a liquid crystal layer is the combination which carries out incidence to the transparency shaft of a polarizing plate 6 by the linearly polarized light of a right angle at a polarizing plate 6. Even if the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 does not lie at right angles to the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 does not lie at right angles to the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11. Moreover, even if the transparency shaft of a polarizing plate 6 does not intersect perpendicularly to the transparency shaft of a polarizing plate 9, when the electrical potential difference is not impressed to the liquid crystal layer 5, if most birefringences cannot be found in the liquid crystal layer 5, a dark display is obtained and an electrical potential difference is impressed by the liquid crystal layer 5, the permeability of light changes with the applied voltage, and a gradation display is possible.

[0059] Here, since it depends on wavelength strongly, the refractive index to both Tsunemitsu of the form birefringence ingredient which constitutes $\lambda/4$ plates 7 and 10 and $\lambda/2$ plates 11 and 12, and abnormality light depends on wavelength also for the phase lag accumulated within the wavelength plate of specific thickness. That is, in order to give $\lambda/4$ of phase lags to the linearly polarized light side of incident light, only when incidence of the beam of light of the single wavelength which specified wavelength is carried out, it can attain completely. Therefore, although the light penetrated without being shaded with a polarizing plate 6 in the wavelength region which cannot attain $\lambda/4$ of phase lags occurs and coloring arises in a dark display with the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of the form birefringence ingredient which constitutes $\lambda/4$ plates 7 and 10. The wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of the form birefringence ingredient which constitutes $\lambda/4$ plates 7 and 10 from combining $\lambda/4$ plate 7, $\lambda/2$ plate 11 and $\lambda/4$ plate 10, and $\lambda/2$ plate 12 can be offset to some extent, and it comes to fill $\lambda/4$ conditions with an extensive wavelength range comparatively.

[0060] For this reason, as compared with the operation gestalt 1, coloring of the dark display in reflective mode is improvable. Of course, even if it does not make it the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 not cross at right angles, coloring of the dark display of the transparent mode is also improved so that the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 and the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 may cross at right angles. Moreover, although considered as $\alpha=15$ degrees with the operation gestalt 1, since the tint of clear display can be changed by changing α , α may be changed according to the tint to wish. Moreover, although coloring of the dark display of the transparent mode worsens, it is also possible to omit $\lambda/2$ plate 12 and to aim at improvement in the cost force. However, there is the need of setting up the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 and the transparency shaft of a polarizing plate 9 so that the linearly polarized light which passed the polarizing plate 9 in the condition that there is no retardation in a liquid crystal layer, at the time of the transparent mode may carry out incidence to the transparency shaft of a polarizing plate 6 by the linearly polarized light of a right angle at a polarizing plate 6.

[0061] The transparency shaft of a polarizing plate 6 is setting up so that it may intersect

perpendicularly to the transparency shaft of a polarizing plate 9 here so that the lagging axis of $\lambda/4$ plate 7 and the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 may cross at right angles, and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 12 may cross at right angles. In the transparent mode the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of $\lambda/4$ plate 10 Each other can be offset with the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of $\lambda/4$ plate 7, and the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of $\lambda/2$ plate 12 can be offset with the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of $\lambda/2$ plate 11, and coloring of a dark display can be improved further.

[0062] Furthermore, in order to make the viewing-angle property of the liquid crystal layer 5 improve, a good display is realized in the large viewing-angle range by making between a polarizing plate 6 and the liquid crystal layers 5, a polarizing plate 9, and another phase contrast plate at least to one side between the liquid crystal layers 5 install. Moreover, although perpendicular stacking tendency liquid crystal is used for the liquid crystal layer 5 with the operation gestalt 1 When the orientation of the liquid crystal molecule near the substrate front face has a certain amount of tilt angle to the perpendicular direction of a substrate side A retardation is not completely set to 0 in the liquid crystal layer 5 in the time of no electrical-potential-difference impressing. In reflective mode, if between a polarizing plate 6 and the liquid crystal layers 5, a polarizing plate 9, and another phase contrast plate at least to one side between the liquid crystal layers 5 are installed, a better dark display will be obtained, so that the part may be compensated when the retardation of gamma remains, and it may bring close to 0.

[0063] What is necessary is to replace with $\lambda/4$ plate 7, and just to arrange a phase contrast plate with the retardation of $(\lambda / 4 - \gamma)$ in reflective mode, in the liquid crystal layer in the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side in general, when the retardation of gamma remains.

[0064] In reflective mode, the elliptically polarized light [circular polarization of light] shifted by the retardation in which the liquid crystal layer remains carries out incidence to a liquid crystal layer. A liquid crystal layer is passed and it becomes the circular polarization of light which turned into the circular polarization of light, reflected in the field which has a reflex function, and the hand of cut reversed. When passing a liquid crystal layer and carrying out outgoing radiation from a liquid crystal layer, it becomes the elliptically polarized light [circular polarization of light] shifted. The elliptically polarized light at this time has a phase in the condition of having shifted 90 degrees, at the time of incidence. If a phase contrast plate is passed, it will become the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6.

[0065] When reflective mold displaying becomes main when the picture element electrode for reflection is larger than the picture element electrode for transparency, even when $\lambda/4$ plate 10 used for the display of the transparent mode remains as it is, it is good. Therefore, even when the retardation which remains in the liquid crystal layer in the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side cannot be disregarded, the high display of contrast can be realized in reflective mode by arranging the phase contrast plate in consideration of the retardation.

[0066] Furthermore, what is necessary is just to arrange a phase contrast plate with the retardation replaced with $\lambda/4$ plate 7 ($\lambda/4 - \gamma$), and a phase contrast plate with the retardation replaced with $\lambda/4$ plate 10 ($\lambda / 4 - (** - \gamma)$), when the retardation of $**$ remains in gamma in reflective mode and remains in the transparent mode in the liquid crystal layer.

[0067] In the transparent mode which displays by the transmitted light of a field which has a transparency function In the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side The phase contrast plate which has the retardation of the above $(\lambda / 4 - (** - \gamma))$ so that it may become the outgoing radiation light in reflective mode and the elliptically polarized light of the same condition, when outgoing radiation of the liquid crystal layer is carried out is set up. Since elliptically polarized light with the phase contrast carries out incidence to a phase contrast plate with the retardation of the above $(\lambda/4 - \gamma)$, when a phase contrast plate with the

retardation of the above ($\lambda/4 - \gamma$) is passed, it becomes the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the transparency shaft of a polarizing plate 6, and becomes little dark display of optical leakage.

[0068] Therefore, even when the retardation which remains in the liquid crystal layer in the condition that the liquid crystal molecule has turned to the perpendicular direction of a substrate side cannot be disregarded, the high display of contrast can be realized in reflective mode by arranging the phase contrast plate in consideration of the retardation.

[0069] Moreover, although perpendicular stacking tendency liquid crystal is used for the liquid crystal layer 5 with the operation gestalt 1, even if it uses parallel stacking tendency liquid crystal, it can express as the same principle. However, if parallel stacking tendency liquid crystal is used, along with electrical-potential-difference impression, the retardation of the liquid crystal layer 5 will become small, but also in the condition that liquid crystal molecules other than near the substrate have turned to the perpendicular direction of a substrate side in general at the time of electrical-potential-difference impression, the residual retardation by the liquid crystal molecule near the substrate produces the liquid crystal molecule near the substrate in order to hardly move by electric field. Therefore, if parallel stacking tendency liquid crystal is used rather than the case where perpendicular stacking tendency liquid crystal is used, black level will float at the time of an influenced part of a residual retardation, and a dark display, and a contrast fall will occur. Therefore, in order to display the same black level as perpendicular stacking tendency liquid crystal using parallel stacking tendency liquid crystal, there is the need of carrying out orientation of the liquid crystal molecule to a vertical substrate, or adding a phase contrast plate so that a residual retardation may be compensated and the residual retardation by the liquid crystal molecule near each vertical substrate may be negated.

[0070] When drawing 5 made parallel the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 and $\lambda/4$ plate 7 in the transparency field of this operation gestalt and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 and $\lambda/2$ plate 12 is made parallel, The lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 and $\lambda/4$ plate 7 is made parallel as an example of a comparison, and $\lambda/2$ plate is drawing showing the wavelength of the light at the time of a black display, and the relation of permeability, when not preparing. Therefore, as shown in drawing 5, little display of an optical leak can be obtained at the time of a black display to form $\lambda/2$ plate.

[0071] When drawing 6 made parallel the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 and $\lambda/4$ plate 7 in the transparency field of this operation gestalt and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 and $\lambda/2$ plate 12 is made parallel, When the lagging axis of $\lambda/4$ plate 10 and $\lambda/4$ plate 7 is considered as a rectangular cross and the lagging axis of $\lambda/2$ plate 11 and $\lambda/2$ plate 12 is considered as a rectangular cross, it is drawing showing the wavelength of the light at the time of a black display, and the relation of permeability. Therefore, as shown in drawing 6, little display of an optical leak can be obtained at the time of a black display by arranging $\lambda/4$ plate and $\lambda/2$ plate to a rectangular cross, respectively.

[0072]

[Effect of the Invention] According to the liquid crystal display of this invention according to claim 1, in reflective mode, dispersion in a polarization condition is lost by the extensive wavelength range, and it can be mostly made the circular polarization of light. For this reason, coloring in the reflective mode of a dark display is improvable. According to invention of claim 2, the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of the 1st phase contrast plate can be compensated the optimal.

[0073] According to invention of claim 3, in the transparent mode, dispersion in a polarization condition is lost by the extensive wavelength range, and it can be mostly made the circular polarization of light. For this reason, even when coloring not only in reflective mode but the transparent mode of a dark display can be improved and the two ways of reflective mode and the transparent mode are carried out, a good black display is realized. According to invention of claim 4, the wavelength dependency of the refractive-index anisotropy of the 2nd phase contrast plate can be compensated the optimal.

[0074] Since the condition that the retardation of a liquid crystal layer is about 0 is realized by using for

a liquid crystal layer the perpendicular orientation liquid crystal ingredient which has a negative dielectric constant anisotropy according to invention of claim 5 and a dark condition becomes darker, contrast becomes high. According to invention of claim 6, according to a normally black (it is called Following NB), it hardly generates but change of the contrast ratio by cel gap change can take a certain amount of allowances over cel gap control at the point of productivity.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
 2. **** shows the word which can not be translated.
 3. In the drawings, any words are not translated.
-

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section of the liquid crystal display of the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 2] It is the top view of the liquid crystal display of the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the transparency condition of the light in the reflective field of the liquid crystal display of the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the transparency condition of the light in the transparency field of the liquid crystal display of the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the wavelength of the light when performing a black display in a transparency field, and the relation of permeability.

[Drawing 6] It is drawing showing the wavelength of the light when performing a black display in a transparency field, and the relation of permeability.

[Description of Notations]

- 1 Two Substrate
 - 3 Reflector
 - 4 Counterelectrode
 - 5 Liquid Crystal Layer
 - 6 Nine Polarizing plate
 - 7 Ten $\lambda/4$ plate
 - 8 Transparent Electrode
 - 11 12 $\lambda/2$ plate
-

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-35570

(P2000-35570A)

(43) 公開日 平成12年2月2日(2000.2.2)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 F 1/1335

識別記号

5 1 0

F I

G 0 2 F 1/1335

テマコード*(参考)

5 1 0 2 H 0 9 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平10-201392

(22) 出願日

平成10年7月16日(1998.7.16)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 久保 真澄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 鳴瀬 陽三

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100103296

弁理士 小池 隆彌

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 透過表示と反射表示を組み合わせた表示装置が開発されているが、黒表示の場合に光漏れが発生し十分な黒レベルが得られない問題点がある。

【解決手段】 基板2の対向電極4が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板7が配置され、さらに基板1の反射電極3及び透明電極8が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板10が配置され、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように設定されている。 $\lambda/4$ 板7の基板2とは反対側の面に $\lambda/2$ 板11が、 $\lambda/4$ 板10の基板1とは反対側の面に $\lambda/2$ 板12がそれぞれ設けられており、 $\lambda/2$ 板11の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸に対して60度、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/4$ 板10の遅相軸に対して60度傾むくように、また $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するように設定されている。

6. 偏光板

11. $\lambda/2$ 板

7. $\lambda/4$ 板

2. 基板

4. 対向電極

5. LC層(垂直配向)

3. 反射電極

8. 透明電極

1. 基板

10. $\lambda/4$ 板

12. $\lambda/2$ 板

9. 偏光板

(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射機能を有する領域と透過機能を有する領域とが形成された一方基板と、対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光手段と、前記一方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光手段と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第1の位相差板と、前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第2の位相差板と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第3の位相差板とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 前記第1の偏光手段と第1の位相差板の間に配置された前記第3の位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第3の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第1の偏光手段の透過軸と第1の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha + 45$ 度であることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第4の位相差板を有することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記第2の偏光板と第2の位相差板の間に配置された前記第4に位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第2の偏光手段の透過軸と前記第4の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第2の偏光手段の透過軸と第2の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha + 45$ 度であることを特徴とする請求項1乃至請求項3に記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記第1の偏光手段の透過軸と前記第2の偏光手段の透過軸とが直交し、前記第1の位相差板と前記第2の位相差板の遅相軸とが直交し、前記第3の位相差板と前記第4の位相差板の遅相軸とが直交していることを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の液晶表示装置。

【請求項6】 前記液晶層が負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料であることを特徴とする請求項1乃至請求項5に記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記液晶表示装置をノーマリブラックの表示モードとすることを特徴とする請求項1乃至請求項6に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

2

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータなどのOA機器や、電子手帳等の携帯情報機器、あるいは、液晶モニターを備えたカメラ一体型VTR等に用いられる反射型と透過型とを兼ね備えた液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶ディスプレイは、CRT（ブラウン管）やEL（エレクトロルミネッセンス）とは異なり自らは発光しないため、バックライトを液晶表示素子の背面に設置して照明する透過型液晶表示装置が用いられている。しかしながら、バックライトは通常液晶ディスプレイの全消費電力のうち50%以上を消費するため、戸外や常時携帯して使用する機会が多い携帯情報機器ではバックライトの代わりに反射板を設置し、周囲光のみで表示を行う反射型液晶表示装置も実現されている。

【0003】反射型液晶表示装置で用いられる表示モードには、現在透過型で広く用いられているTN（ツイステッドネマティック）モード、STN（スーパーツイステッドネマティック）モードといった偏光板を利用するタイプの他、偏光板を用いないために明るい表示が実現できる相転移型ゲストホストモードも近年盛んに開発が行われており、例えば特開平4-75022号公報に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、相転移型ゲストホストモードは、液晶分子と色素を分散させた液晶層において色素の光吸収を用いて表示を行なうためコントラストが十分とれず、TN（ツイステッドネマティック）モード及びSTN（スーパーツイステッドネマティック）モードといった偏光板を利用するタイプの液晶表示装置に比べて表示品位は著しく悪くなる。

【0005】また、平行配向若しくはツイスト配向の液晶表示装置の場合には、液晶層の中心付近の液晶分子は電圧印加時に基板面に対して垂直方向に傾くが、配向膜表面付近の液晶分子は電圧を印加しても基板に対して垂直にならないため液晶層の複屈折率は0には程遠く、電圧印加時に黒表示を行う表示モードの場合、液晶層の複屈折のため十分な黒が表示できず、十分なコントラストを得ることができない。

【0006】TNモード及びSTNモードの液晶表示装置も現在では輝度やコントラストの点で十分な表示品位を有するとは言い難く、更なる高輝度化及びコントラストの向上等の表示品位の向上が求められている。また、反射型液晶表示装置は、周囲の光が暗い場合に表示に用いる反射光が低下し視認性が極端に低下するという欠点を有し、一方透過型液晶表示装置はこれとは逆に周囲光が非常に明るい晴天等での視認性が低下する問題があった。

【0007】従って、透過表示と反射表示を組み合わせ

(3)

3

た表示装置が開発されているが、黒表示の場合に光漏れが発生し十分な黒レベルが得られない問題点がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、反射機能を有する領域と透過機能を有する領域とが形成された一方基板と、対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光手段と、前記一方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光手段と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第1の位相差板と、前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第2の位相差板と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第3の位相差板とを有することを特徴とする。

【0009】請求項2に記載の発明は、前記第1の偏光手段と第1の位相差板の間に配置された前記第3の位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第3の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第1の偏光手段の透過軸と第1の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha + 45$ 度であることを特徴とする。

【0010】請求項3に記載の発明は、前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第4の位相差板を有することを特徴とする。

【0011】請求項4に記載の発明は、前記第2の偏光板と第2の位相差板の間に配置された前記第4に位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第2の偏光手段の透過軸と前記第4の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第2の偏光手段の透過軸と第2の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha + 45$ 度であることを特徴とする。

【0012】請求項5に記載の発明は、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第2の偏光手段の透過軸とが直交し、前記第1の位相差板と前記第2の位相差板の遅相軸とが直交し、前記第3の位相差板と前記第4の位相差板の遅相軸とが直交していることを特徴とする。

【0013】請求項6に記載の発明は、前記液晶層が負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料であることを特徴とする。請求項7に記載の発明は、前記液晶表示装置をノーマリブラックの表示モードとすることを特徴とする。

【0014】以下に本発明による作用について説明する。本発明の請求項1に記載の液晶表示装置によれば、第1の位相差板により、直線偏光を円偏光に変換する際に生じる屈折率異方性の波長依存性をある程度相殺することができる。これによって、反射モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきが小さくなった状態で円偏

4

光にすることができる。このため、暗表示の反射モードにおける色づきが改善できる。

【0015】本発明の請求項2に記載の液晶表示装置によれば、偏光板を通過した直線偏光を、第3の位相差板によりその方位を回転させてから、第1の位相差板により円偏光とすることができるので、第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。これによって、反射モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがさらに小さくなり、円偏光にすることができる。このため、暗表示の反射モードにおける色づきが改善できる。

【0016】特に、液晶層が垂直配向モードであるときや、暗状態において液晶層に残存するリターデーションが無視できる場合は、第1の位相差板を $\lambda/4$ 板にすることができる。

【0017】暗状態において、液晶層に、反射モードでは γ のリターデーションが残存している場合、第1の位相差板のリターデーションを $(\lambda/4 - \gamma)$ にして、円偏光からずらせて液晶層に入射させる。液晶層を通過して反射板に達したとき、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなり円偏光となっているので、反射モードにおいて良好な黒表示が実現される。

【0018】本発明の請求項3に記載の液晶表示装置によれば、第4の位相差板により、直線偏光を円偏光に変換する際に生じる屈折率異方性の波長依存性をある程度相殺することができる。これによって、これによって、透過モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなった円偏光にすることができる。このため、請求項1に加えて、暗表示の透過モードにおける色づきが改善でき、反射モードと透過モードとを両用した場合でも、良好な黒表示が実現される。

【0019】本発明の請求項4に記載の液晶表示装置によれば、偏光板を通過した直線偏光を、第4の位相差板によりその方位を回転させてから、第2の位相差板により円偏光とすることができるので、第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。これによって、透過モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがさらに小さくなり、円偏光にすることができる。

【0020】特に、液晶層が垂直配向モードであるときや、暗状態で液晶層に残存するリターデーションが無視できる場合は、第2の位相差板を $\lambda/4$ 板にすることができる。

【0021】暗状態において、液晶層に、反射モードでは γ 、透過モードでは Δ のリターデーションが残存している場合、それ以降の層のリターデーションを $\{\lambda/4 - (\Delta - \gamma)\}$ にして、円偏光からずらせて液晶層に入射させる。液晶層を通過したとき、反射モードの出射光と広波長帯で同じ偏光状態になっているので、第3の位相差板を通過したとき、第1の偏光手段の透過軸と直交

(4)

5

する直線偏光となり、透過モードにおける色付きが改善でき、透過モードと反射モードの両用した場合でも良好な黒表示が実現される。

【0022】本発明の請求項5に記載の液晶表示装置によれば、位相差板の遅相軸を直交させることで、位相差板の屈折率異方性の波長依存性を、他方の位相差板の屈折率異方性の波長依存性で相殺することができ、暗表示の色づきを改善できる。

【0023】本発明の請求項6に記載の液晶表示装置によれば、液晶層に負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料を用いることで、液晶層のリターデーションがほぼ0である状態が実現されるので、暗状態がより暗くなるので、コントラストが高くなる。

【0024】例えば、液晶層に平行配向液晶を用いると、電圧を印加して液晶分子の長軸を電極と垂直方向に向けることで液晶層のリターデーションを0にしようとしても、残留リターデーションが発生するため液晶層のリターデーションは0にはならない。本発明の請求項7に記載の液晶表示装置によれば、ノーマリブラック（以下NBという）ではセルギャップ変化によるコントラスト比の変化はほとんど発生せず、生産性の点でセルギャップ制御に対するある程度の余裕がとれる。

【0025】液晶層に電圧無印加時に白表示を、電圧印加時に黒表示を行なうノーマリホワイト（以下NWという）ではセルギャップ変化に対して黒になる液晶層への印加電圧が変化するのに対して、液晶層に電圧無印加時に黒表示を、電圧印加時に白表示を行なうNBではセルギャップ変化に対して白になる液晶層への印加電圧が変化。そのため、NWではセルギャップ変化によりコントラスト比が著しく変化するため、高精度のセルギャップ制御が必要となる。また、NWでは輝点となっていた点欠陥が、NBでは黒点となるため、製造上の良品率向上が見込まれ、輝点フリーの高品位表示パネルが実現できる。これらのことから、NWに比べてNBの方があらゆる環境下で使用可能な液晶表示装置の表示モードとして優れている。

【0026】

【発明の実施の形態】（実施形態1）実施形態1の液晶表示装置について図1を用いて説明する。基板1にA1、Ta等の反射率の高い材料で形成された反射電極3とITO等の透過率の高い材料で形成された透明電極8とが設けられ、基板2に対向電極4が設けられ、反射電極3及び透明電極8と対向電極4との間に負の誘電異方性を示す液晶材料からなる液晶層5が挟持されている。

【0027】反射電極3、透明電極8及び対向電極4の液晶層5と接する面にはそれぞれ垂直配向性の配向膜（図示せず）が形成されており、配向膜の塗布後、少なくとも一方の配向膜にラビング等の配向処理を行なっている。これは、ラビングを用いなくても、光配向や電極形状等で配向を規制しても良い。液晶層5の液晶分子

6

は、垂直配向性の配向膜に対するラビング等の配向処理により、基板面の垂直方向に対して、概ね0度または0.1度から5度程度のティルト角を持つ。

【0028】ここで、反射電極3は液晶層に電圧を印加する電極として用いられるが、反射電極を電極として使わずに反射板として用いて、透明電極8を反射板の上まで延ばして反射領域での液晶層5に電圧を印加する電極としても良い。液晶層5の液晶材料として、実施形態1と同じ $N_e=1.5546$ 、 $N_o=1.4773$ の屈折率異方性を有する液晶材料を用いた。

【0029】基板2の対向電極4が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板7が配置され、さらに基板1の反射電極3及び透明電極8が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板10が配置され、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように設定されている。

【0030】 $\lambda/4$ 板7の基板2とは反対側の面に $\lambda/2$ 板11が、 $\lambda/4$ 板10の基板1とは反対側の面に $\lambda/2$ 板12がそれぞれ設けられており、 $\lambda/2$ 板11の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸に対して60度、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/4$ 板10の遅相軸に対して60度傾むくように、また $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するように設定されている。

【0031】 $\lambda/2$ 板11の基板2とは反対側の面に偏光板6が、 $\lambda/2$ 板12の基板1とは反対側の面に偏光板9がそれぞれ設けられており、偏光板6の透過軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸に対して $\lambda/2$ 板11の遅相軸を挟む方向に75度、 $\lambda/2$ 板11の遅相軸に対して15度、偏光板9の透過軸は $\lambda/4$ 板10の遅相軸に対して $\lambda/2$ 板12の遅相軸を挟む方向に75度、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸に対して15度傾むくように、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交するように設定されている。

【0032】図2(a)は本発明の実施形態1のアクティブマトリクス基板の平面概略図を示し、図2(b)は図2(a)のA-A断面図を示す。アクティブマトリクス基板は、ゲート配線21、データ配線22、駆動素子23、ドレイン電極24、補助容量電極25、ゲート絶縁膜26、絶縁性基板27、コンタクトホール28、層間絶縁膜29。反射用絵素電極30と透過用絵素電極31を備えている。

【0033】補助容量電極25は、ドレイン電極24と電気的に接続されており、ゲート絶縁膜26を介してゲート配線21と重畳し補助容量を形成している。コンタクトホール28は、透過用絵素電極31と補助容量電極25を接続するために層間絶縁膜29に設けられている。

【0034】このアクティブマトリクス基板は一つの絵素の中に反射用絵素電極30と透過用絵素電極31を備えており、一つの絵素の中に外部からの光を反射する反射用絵素電極30部分とバックライトの光を透過する透

(5)

7

過用絵素電極31部分を形成している。ここで、図2

(b)では反射用絵素電極30の表面形状を平面として図示しているが、反射特性を向上するために表面形状を凹凸にしても良い。また、絵素電極を反射用絵素電極30と透過用絵素電極31に分割しているが、分割せずに半透過電極を用いても良い。

【0035】図3、図4を用いて実施形態1の液晶表示装置における反射モード及び透過モードの光の透過状態を説明する。図3(a)は反射モードの液晶層に電圧が印加されていない暗表示の場合を示し、図3(b)は反射モードの液晶層に電圧が印加された白表示の場合を示している。また、図4(a)は透過モードの液晶層に電圧が印加されていない暗表示の場合を示し、図4(b)は透過モードの液晶層に電圧が印加された白表示の場合を示している。

【0036】図3(a)によって反射モードの暗表示を説明する。図3(a)の上側から偏光板6表面から入った入射光は、偏光板6を通った後偏光軸が偏光板の透過軸に一致した直線偏光となり、 $\lambda/2$ 板11に入射される。 $\lambda/2$ 板11は、偏光板6の透過軸方向と $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向が15度になるように配置されており、 $\lambda/2$ 板11を通過した光は偏光板6の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向を挟んで30度の偏光方向の直線偏光になり、 $\lambda/4$ 板7に入射される。

【0037】 $\lambda/4$ 板7は、偏光板6の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向を挟んで $\lambda/4$ 板7の遅相軸方向が75度になるように配置されている。つまり、 $\lambda/2$ 板11を通過した直線偏光の偏光方向に対して、 $\lambda/4$ 板7の遅相軸方向は45度になるように配置されており、 $\lambda/4$ 板7を通過した光は円偏光になる。

【0038】液晶層5に電界を印加していない場合は、負の誘電異方性を示す液晶材料を用いた液晶層5は液晶分子が基板面からほぼ垂直に配向しており、入射する光に対する液晶層5の屈折率異方性は極わずかであり、光が液晶層5を透過することによって生じる位相差はほぼ0である。従って、 $\lambda/4$ 板7を通過した円偏光の光線は、円偏光をほとんど崩さずに液晶層5を透過し、一方の基板1上にある反射電極3にて反射される。

【0039】反射された光線は回転方向が逆転した円偏光となり、 $\lambda/4$ 板7を通過して $\lambda/4$ 板7入射時と直交する直線偏光となり、 $\lambda/2$ 板11に入射される。 $\lambda/2$ 板11を通過した直線偏光は、偏光板6の透過軸と直交する方向の直線偏光であり、偏光板6で吸収され透過しない。この様に、液晶層5に電圧を印加しない場合は暗表示となる。

【0040】次に図3(b)によって反射モードの白表示を説明する。図3(b)は、液晶層5に電圧を印加する場合であり、 $\lambda/4$ 板7を通過するまでは図3(a)と同一であり説明は省略する。

【0041】液晶層5に電圧を印加すると、基板面から

8

垂直方向に配向していた液晶分子は基板面と水平方向に幾分傾き、液晶層5に入射した $\lambda/4$ 板7からの円偏光は、液晶分子の複屈折により楕円偏光になり、反射電極3で反射された後さらに液晶層5で液晶分子の複屈折の影響を受け、 $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過した後は偏光板6の透過軸と直交する直線偏光にはならず、偏光板6を幾分通過する。こうして、液晶層に印加される電圧を調整することで、反射した後に偏光板6を透過できる光量を調節することができ、階調表示が可能になる。

【0042】また、反射電極3と対向電極4から液晶層5に電圧を印加し、液晶層5の位相差が $1/4$ 波長条件になるように液晶分子の配向状態を変化させると、 $\lambda/4$ 板7を通過した後の円偏光は液晶層5を通過して反射電極3に達したときに偏光板6の透過軸と直交する直線偏光になり、再び液晶層5を通過して円偏光になった後に $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過し、偏光板6の透過軸と平行な直線偏光になり、偏光板6を通過する反射光は最大になる。

【0043】図3(b)には、反射電極3で反射された光が最も偏光板6を透過する液晶層5のリタレーション条件で図示しており、反射電極3上で偏光板6の透過軸と直交する方向の直線偏光となっている。

【0044】従って、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折はほとんど無く暗表示が得られ、液晶層5に電圧が印加するとその印加電圧によって光の透過率が変化し階調表示が可能になる。

【0045】図4(a)によって透過モードの暗表示を説明する。図4(a)の下側から光源(図示せず)によって出射された光は偏光板9通過後、偏光板9の透過軸に一致した直線偏光になる。

【0046】 $\lambda/2$ 板12は、偏光板9の透過軸方向と $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向が15度になるように、また $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向に対して直交するように配置されており、 $\lambda/2$ 板12を通過した光は偏光板9の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板12の遅相軸方向を挟んで30度の偏光方向の直線偏光になり、 $\lambda/4$ 板10に入射される。

【0047】 $\lambda/4$ 板10は、偏光板9の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板12の遅相軸方向を挟んで $\lambda/4$ 板10の遅相軸方向が75度になるように配置されている。つまり、 $\lambda/2$ 板12を通過した直線偏光の偏光方向に対して、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸方向は45度になるように配置されており、 $\lambda/4$ 板10を通過した光は円偏光になる。

【0048】液晶層5に電界が発生していない場合は、負の誘電異方性を示す液晶材料を用いた液晶層5は液晶分子が基板面からほぼ垂直に配向しており、入射する光に対する液晶層5の屈折率異方性は極わずかであり、光が液晶層5を通過することによって生じる位相差はほぼ

(6)

9

0である。従って、 $\lambda/4$ 板10から出射される円偏光は、円偏光を崩さずに液晶層5を通過し、 $\lambda/4$ 板7に入射する。

【0049】 $\lambda/4$ 板10の遅相軸方向と $\lambda/4$ 板7の遅相軸方向は直交しており、 $\lambda/4$ 板7に入射した円偏光は、偏光板9の透過軸方向と直交する方向の直線偏光になり、 $\lambda/2$ 板11に入射される。 $\lambda/2$ 板11を通過した直線偏光は、偏光板6の透過軸と直交する方向の直線偏光であり、偏光板6で吸収され透過しない。この様に、液晶層5に電圧を印加しない場合は暗表示となる。

【0050】次に図4(b)によって透過モードの明表示を説明する。図4(b)は液晶層に電圧を印加する場合であり $\lambda/4$ 板10を光が通過するまでは図4(a)と同一であり説明は省略する。

【0051】液晶層5に電圧を印加すると、基板面から垂直方向に配向していた液晶分子は基板面と水平方向に幾分傾き、液晶層5に入射した $\lambda/4$ 板10からの円偏光は、液晶分子の複屈折により楕円偏光になり、 $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過した後は偏光板6の透過軸と直交する直線偏光にはならず、偏光板6を幾分通過する。こうして、液晶層に印加される電圧を調整することで、反射した後に偏光板6を透過できる光量を調節することができ、階調表示が可能になる。

【0052】また、反射電極3と対向電極4から液晶層5に電圧を印加し、液晶層5の位相差が $1/2$ 波長条件になるように液晶分子の配向状態を変化させると、 $\lambda/4$ 板7を通過した後の円偏光は液晶層5のセル厚の半分の地点で直線偏光になり、残りの液晶層5を通過すると円偏光になる。液晶層5から出射される円偏光は $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過すると、偏光板6の透過軸と平行な直線偏光になり、偏光板6を通過する反射光は最大になる。

【0053】図4(b)には、偏光板9を通過した光が最も偏光板6を透過する液晶層5のリタレーション条件で図示している。従って、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折はほとんど無く暗表示が得られ、液晶層5に電圧が印加するとその印加電圧によって光の透過率が変化し階調表示が可能になる。

【0054】ここで、反射モードの明状態で反射率が最大となる液晶層5の位相差は $\lambda/4$ であり、透過モードの明状態で透過率が最大となる液晶層5の位相差は $\lambda/2$ であることから、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みが等しい場合には、反射モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/4$ 、透過モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/2$ という位相差を同時に満たすことはできない。

【0055】つまり、反射モードとして用いる領域の液晶層5の位相差が0から $\lambda/4$ に変化することで階調表

10

示を行なう場合は、透過モードとして用いる領域の液晶層5の位相差も0から $\lambda/4$ までしか変化しないために、透過モードは効率良く光を利用することができない。

【0056】よって、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを変えるか、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層に印加する電圧を変えることで、反射モード、透過モード共に効率良く光を利用することができる。ここで、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを変える際に、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みの2倍にすると、反射モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/4$ 、透過モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/2$ という位相差を同時に満たすことができるが、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みの2倍にしなくても、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みの2倍を超えない範囲で、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みより大きくすることで、光の利用効率は向上する。

【0057】実施形態1では $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するように、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交するように設定されているが、透過モード時に液晶層にリタレーションが無い状態で偏光板9を通過した直線偏光が、偏光板6の透過軸に直角の直線偏光で偏光板6に入射すれば、暗表示ができる。

【0058】つまり、偏光板6の透過軸と $\lambda/4$ 板7の遅相軸とのなす角度が、偏光板6の透過軸と $\lambda/2$ 板11の遅相軸とのなす角度を α とした場合、概ね $(2\alpha + 45)$ 度に、偏光板9の透過軸と $\lambda/4$ 板10の遅相軸とのなす角度が、偏光板9の透過軸と $\lambda/2$ 板12の遅相軸とのなす角度を α とした場合、概ね $(2\alpha + 45)$ 度に設置され、かつ透過モード時に液晶層にリタレーションが無い状態で偏光板9を通過した直線偏光が、偏光板6の透過軸に直角の直線偏光で偏光板6に入射するような組み合わせであれば、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交しなくても、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交しなくても、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交しなくても、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折はほとんど無く暗表示が得られ、液晶層5に電圧が印加するとその印加電圧によって光の透過率が変化し階調表示が可能である。

【0059】ここで、 $\lambda/4$ 板7、10、 $\lambda/2$ 板11、12を構成する複屈折性材料の常光及び異常光の両

(7)

11

者に対する屈折率は波長に強く依存しているため、特定の厚さの波長板内で蓄積された位相遅れもまた波長に依存する。つまり、 $\lambda/4$ の位相遅れを入射光の直線偏光面に与えるには、波長を特定した単波長の光線を入射させた場合のみに完全に達成できる。よって、 $\lambda/4$ 板7、10を構成する複屈折性材料の屈折率異方性の波長依存性により、 $\lambda/4$ の位相遅れが達成できない波長域で偏光板6で遮光されずに透過する光が発生し、暗表示に色づきが生じるが、 $\lambda/4$ 板7と $\lambda/2$ 板11及び $\lambda/4$ 板10と $\lambda/2$ 板12を組み合わせることで、 $\lambda/4$ 板7、10を構成する複屈折性材料の屈折率異方性の波長依存性のある程度相殺することができ、比較的広波長帯で $\lambda/4$ 条件を満たすようになる。

【0060】このため実施形態1と比較して反射モードの暗表示の色づきを改善できる。もちろん、透過モードの暗表示の色づきも、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するようにしなくても改善される。また、実施形態1では $\alpha=15$ 度としたが、 α を変化することで明表示の色味を変化させることができるため、希望する色味に応じて α を変えても良い。また、透過モードの暗表示の色づきは悪くなるが、 $\lambda/2$ 板12を省略し原価向上を図ることも可能である。但し、透過モード時に液晶層にリタデーションが無い状態で偏光板9を通過した直線偏光が、偏光板6の透過軸に直角の直線偏光で偏光板6に入射するように $\lambda/4$ 板10の遅相軸と偏光板9の透過軸を設定する必要がある。

【0061】ここで、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するように、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交するように設定することで、透過モードにおいて、 $\lambda/4$ 板10の屈折率異方性の波長依存性を、 $\lambda/4$ 板7の屈折率異方性の波長依存性で相殺することができ、さらに $\lambda/2$ 板12の屈折率異方性の波長依存性を、 $\lambda/2$ 板11の屈折率異方性の波長依存性で相殺することができ、暗表示の色づきをさらに改善できる。

【0062】さらに、液晶層5の視角特性を改善させるため、偏光板6と液晶層5の間と偏光板9と液晶層5の間の少なくとも一方に、別の位相差板を設置させることで、広い視角範囲で良好な表示が実現される。また、実施形態1では液晶層5に垂直配向性液晶を用いているが、基板表面近傍の液晶分子の配向が基板面の垂直方向に対してある程度のティルト角を持つ場合には、液晶層5に電圧無印加時でも完全にリタデーションは0にはならず、反射モードでは γ のリタデーションが残存する場合、その分を補償し0に近付けるように偏光板6と液晶層5の間と偏光板9と液晶層5の間の少なくとも一方に、別の位相差板を設置すればより良好な暗表示が得られる。

12

【0063】液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層において、反射モードでは γ のリタデーションが残存している場合、 $\lambda/4$ 板7に代えて、 $(\lambda/4-\gamma)$ のリタデーションをもつ位相差板を配置すればよい。

【0064】反射モードでは、液晶層には、円偏光から液晶層に残存しているリタデーション分ずれた楕円偏光が入射する。液晶層を通過し、反射機能を有する領域で円偏光となり、反射して回転方向が逆転した円偏光となる。液晶層を通過して液晶層から出射するとき、円偏光からずれた楕円偏光となる。このときの楕円偏光は、入射時位相が90度ずれた状態にある。位相差板を通過すると偏光板6の透過軸と直交する直線偏光となる。

【0065】反射用絵素電極が透過用絵素電極より大きい場合など、反射型表示がメインとなる場合は透過モードの表示に用いている $\lambda/4$ 板10はそのままでもよい。従って、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層に残存するリタデーションが無視できない場合でも、そのリタデーションを考慮した位相差板を配置することにより反射モードでコントラストの高い表示が実現できる。

【0066】更に、液晶層に反射モードでは γ 、透過モードでは Δ のリタデーションが残存している場合、 $\lambda/4$ 板7に代えて $(\lambda/4-\gamma)$ のリタデーションをもつ位相差板、 $\lambda/4$ 板10に代えて $(\lambda/4-(\Delta-\gamma))$ のリタデーションをもつ位相差板を配置すればよい。

【0067】透過機能を有する領域の透過光で表示を行う透過モードでは、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態では、液晶層を出射したとき反射モードの出射光と同じ状態の楕円偏光となるように上記 $(\lambda/4-(\Delta-\gamma))$ のリタデーションをもつ位相差板が設定され、その位相差を有した楕円偏光が上記 $(\lambda/4-\gamma)$ のリタデーションをもつ位相差板に入射するので、上記 $(\lambda/4-\gamma)$ のリタデーションをもつ位相差板を通過したとき、偏光板6の透過軸と直交する直線偏光となり光漏れの少ない暗表示となる。

【0068】従って、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層に残存するリタデーションが無視できない場合でも、そのリタデーションを考慮した位相差板を配置することにより反射モードでコントラストの高い表示が実現できる。

【0069】また、実施形態1では液晶層5に垂直配向性液晶を用いているが、平行配向性液晶を用いても同様の原理で表示が可能である。但し、平行配向性液晶を用いると電圧印加につれて液晶層5のリタデーションが小さくなるが、電圧印加時に基板近傍以外の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いている状態でも、基板近傍の液晶分子は電界によりほとんど動かないため、基板近傍の液晶分子による残留リタデーションが生じる。そのた

(8)

13

め、垂直配向性液晶を用いた場合よりも平行配向性液晶を用いると残留リタデーションの影響分、暗表示時に黒レベルが浮くことになりコントラスト低下が発生する。そのため、平行配向性液晶を用いて垂直配向性液晶同様の黒レベルを表示するには、残留リタデーションを補償するように上下基板それぞれの近傍の液晶分子による残留リタデーションを打ち消すように上下基板に液晶分子を配向させるか、位相差板を追加する必要がある。

【0070】図5は、本実施形態の透過領域において、 $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を平行とし、 $\lambda/2$ 板11と $\lambda/2$ 板12の遅相軸を平行とした場合と、比較例として $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を平行とし、 $\lambda/2$ 板は設けない場合に黒表示のときの光の波長と透過率の関係を示す図である。従って、図5に示すように、 $\lambda/2$ 板を設けることに、黒表示のときに光もれの少ない表示を得ることができる。

【0071】図6は、本実施形態の透過領域において、 $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を平行とし、 $\lambda/2$ 板11と $\lambda/2$ 板12の遅相軸を平行とした場合と、 $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を直交とし、 $\lambda/2$ 板11と $\lambda/2$ 板12の遅相軸を直交とした場合に、黒表示のときの光の波長と透過率の関係を示す図である。従って、図6に示すように、 $\lambda/4$ 板及び $\lambda/2$ 板をそれぞれ直交に配置することにより、黒表示のときに光もれの少ない表示を得ることができる。

【0072】

【発明の効果】本発明の請求項1に記載の液晶表示装置によれば、反射モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなり、ほぼ円偏光にすることができる。このため、暗表示の反射モードにおける色づきが改善できる。請求項2の発明によれば、第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。

【0073】請求項3の発明によれば、透過モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなり、ほぼ円偏光にすることができる。このため、反射モードだけ

14

でなく、暗表示の透過モードにおける色づきが改善でき、反射モードと透過モードとを両用した場合でも、良好な黒表示が実現される。請求項4の発明によれば、第2の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。

【0074】請求項5の発明によれば、液晶層に負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料を用いることで、液晶層のリタデーションがほぼ0である状態が実現されるので、暗状態がより暗くなるので、コントラストが高くなる。請求項6の発明によれば、ノーマリブラック（以下NBという）ではセルギャップ変化によるコントラスト比の変化はほとんど発生せず、生産性の点でセルギャップ制御に対するある程度の余裕がとれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1の液晶表示装置の断面模式図である。

【図2】本発明の実施形態1の液晶表示装置の平面図である。

【図3】本発明の実施形態1の液晶表示装置の反射領域での光の透過状態を示す図である。

【図4】本発明の実施形態1の液晶表示装置の透過領域での光の透過状態を示す図である。

【図5】透過領域において黒表示をおこなうときの光の波長と透過率の関係を示す図である。

【図6】透過領域において黒表示をおこなうときの光の波長と透過率の関係を示す図である。

【符号の説明】

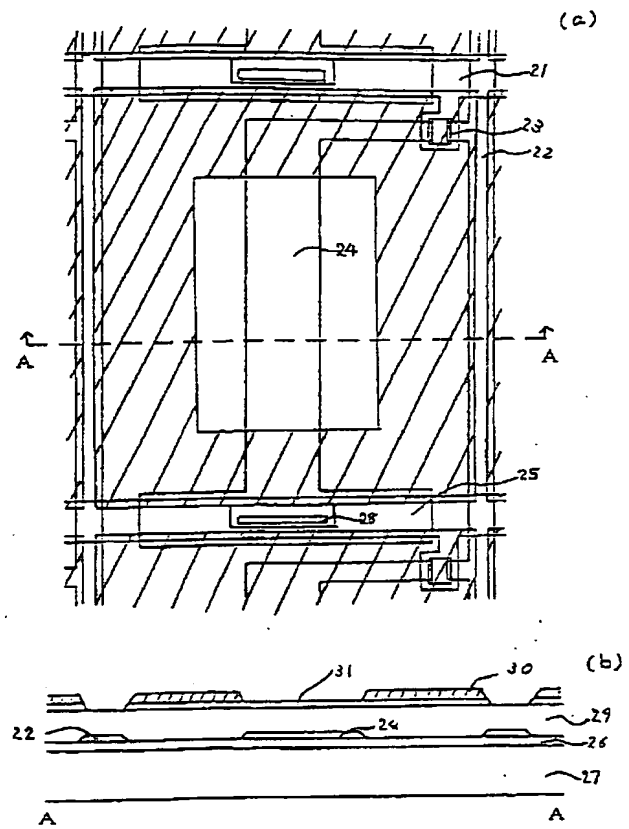
- 1、2 基板
- 3 反射電極
- 4 対向電極
- 5 液晶層
- 6、9 偏光板
- 7、10 $\lambda/4$ 板
- 8 透明電極
- 11、12 $\lambda/2$ 板

(9)

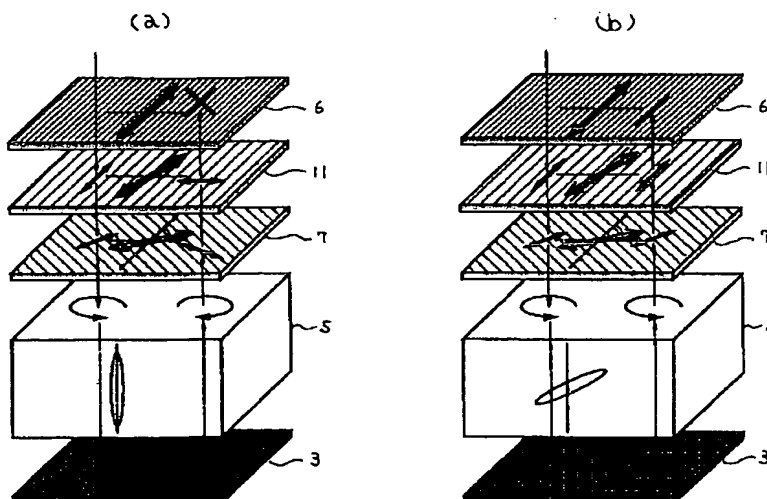
【図1】

6. 偏光板	
11. $\lambda/2$ 板	
7. $\lambda/4$ 板	
2. 基板	
4. 対向電極	
5. LC層 (垂直配向)	
3. 反射電極	8. 透明電極
1. 基板	
10. $\lambda/4$ 板	
12. $\lambda/2$ 板	
9. 偏光板	

【図2】

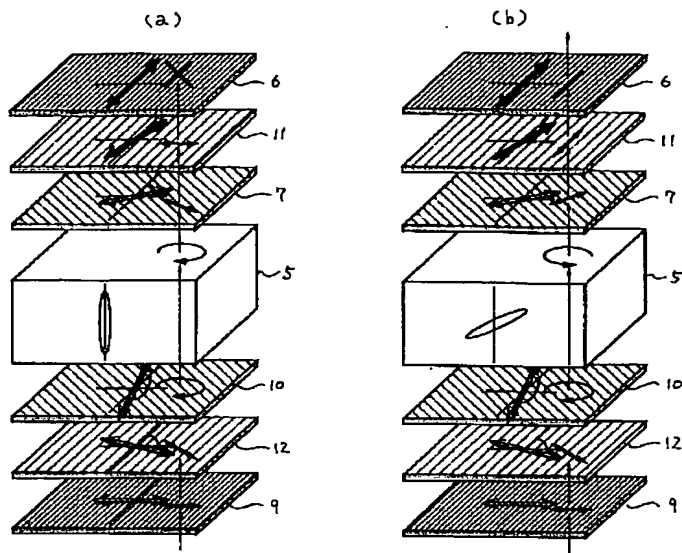


【図3】

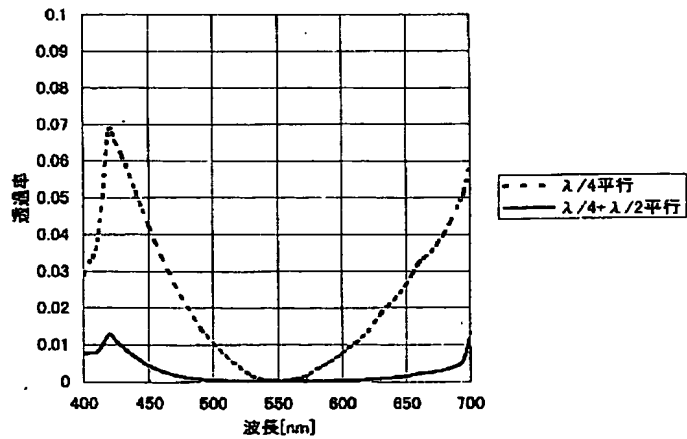


(10)

【図4】

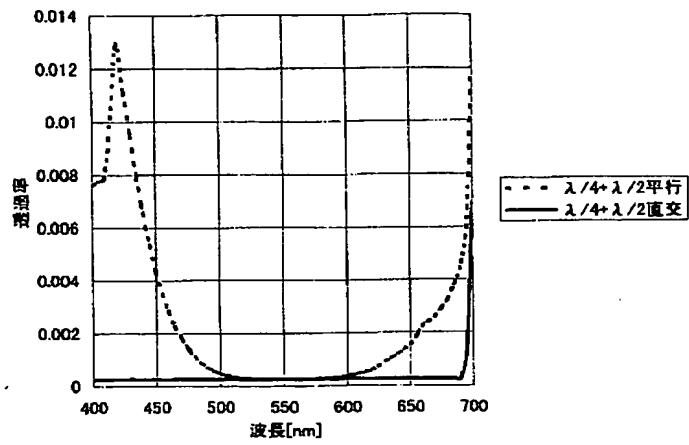


【図5】



(11)

【図6】



フロントページの続き

(72) 発明者 藤岡 正悟
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
 ャープ株式会社内

Fターム(参考) 2H091 FA08X FA08Z FA11X FA11Z
 FA14Y FA15Y FD06 GA03
 GA06 GA11 KA02 LA03 LA16
 LA17